

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-274060

(43)Date of publication of application : 08.10.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G02B 5/04

G03F 7/20

(21)Application number : 10-090958

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 19.03.1998

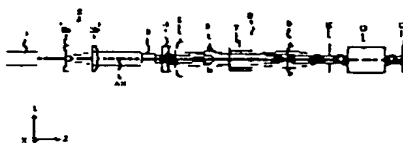
(72)Inventor : TANITSU OSAMU

(54) LIGHTING OPTICAL DEVICE AND ALIGNER PROVIDED THEREWITH

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To perform modified illumination such as the zonal illumination, four-pole illumination, etc., while the light loss at an aperture stop is suppressed satisfactorily.

SOLUTION: In the optical path between a first optical integrator 3 and a second optical integrator 7, a prism optical system 4 and 5, which forms a plurality of irradiated areas which deviate from a reference optical axis AX with respect to the incident surface of the second optical integrator 7, based on luminous fluxes from many first light sources formed by means of the first optical integrator 3 is positioned. The optical system 4 and 5 is constituted in such a way that the positions of the irradiated areas are adjustable.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the suitable lighting optical equipment for the projection aligner for especially manufacturing a semiconductor device etc. at a lithography process about the aligner equipped with lighting optical equipment and this lighting optical equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] In this kind of aligner, incidence of the flux of light injected from the light source is carried out to a fly eye lens, and it forms the secondary light source which becomes the posterior focal plane from many light source images. After the flux of light from the secondary light source is restricted through the aperture diaphragm arranged near the posterior focal plane of a fly eye lens, incidence of it is carried out to a condenser lens. An aperture diaphragm restricts to the configuration of the secondary light source, the configuration of a request of a size, or a size according to desired lighting conditions (exposure conditions).

[0003] The flux of light condensed by the condenser lens illuminates in superposition the mask with which the predetermined pattern was formed. Image formation of the light which penetrated the pattern of a mask is carried out on a wafer through a projection optical system. In this way, on a wafer, projection exposure (imprint) of the mask pattern is carried out. In addition, it is indispensable to integrate highly the pattern formed in the mask and to imprint this detailed pattern correctly on a wafer to obtain a uniform illumination distribution on a wafer.

[0004] In recent years, the technology of changing the size of the secondary light source formed of a fly eye lens, and changing the coherency sigma of lighting (**** of the diameter of sigma = aperture diaphragm / projection optical system) attracts attention by changing the size of opening of the aperture diaphragm arranged at the injection side of a fly eye lens. Moreover, by setting up the configuration of opening of the aperture diaphragm arranged at the injection side of a fly eye lens the shape of zona orbicularis, and in the shape of 4 holes, the configuration of the secondary light source formed of a fly eye lens is restricted the shape of zona orbicularis, and in the shape of 4 holes, and the technology of raising the depth of focus and resolution of a projection optical system attracts attention.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] As mentioned above, with the conventional technology, in order to restrict the configuration of the secondary light source the shape of zona orbicularis, and in the shape of 4 holes and to perform deformation lighting (4 very zona-orbicularis deformation lighting and deformation lighting), the aperture diaphragm which has opening of the shape of the shape of zona orbicularis or 4 holes restricts the flux of light from the comparatively big secondary light source formed in the shape of a rectangle of the fly eye lens. If it puts in another way, with the zona-orbicularis deformation lighting or 4 pole deformation lighting in the conventional technology, the considerable portion of the flux of light from the secondary light source will be covered by the aperture diaphragm, and will not contribute to lighting (exposure). Consequently, there was un-arranging [that the illuminance on a mask and a wafer fell and the throughput as an aligner also fell by the optical loss in an aperture diaphragm].

[0006] this invention is made in view of the above-mentioned technical problem, and it aims at

offering the aligner equipped with the lighting optical equipment and this lighting optical equipment which can perform deformation lighting like zona-orbicularis lighting or 4 pole lighting, stopping the optical loss in an aperture diaphragm good.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the aforementioned technical problem, in the 1st invention of this invention the 1st which consists of much light sources based on the flux of light from the light source means and this light source means for supplying the flux of light -- the [for forming much light sources] -- with 1 optical integrator the [this] -- the 1st formed by 1 optical integrator -- the 2nd which consists of much light sources more based on the flux of light from the light source -- the [for forming much light sources] -- with 2 optical integrator In lighting optical equipment equipped with the capacitor optical system for condensing much flux of lights from the light source, and illuminating an irradiated plane the [this] -- the 2nd formed by 2 optical integrator -- the [aforementioned] -- the [1 optical integrator and / aforementioned] -- in the optical path between 2 optical integrators A large number are based on the flux of light from the light source. the [aforementioned] -- the 1st formed by 1 optical integrator -- the [aforementioned] -- the prism optical system which forms two or more irradiation fields which carried out eccentricity to the criteria optical axis about the plane of incidence of 2 optical integrator is arranged, and the lighting optical equipment characterized by constituting the aforementioned prism optical system possible [adjustment of the position of two or more aforementioned irradiation fields] is offered

[0008] According to the desirable mode of the 1st invention, the aforementioned prism optical system It has 2 prism member. the order from a light source side -- the 1st prism -- the [a member and] -- the aforementioned 1st prism member It has a injection side with the refracting interface formed in the concave towards the aforementioned irradiated plane side. the aforementioned 2nd prism member Having two or more angle-of-deviation prism formed possible [an inclination] to the aforementioned criteria optical axis, while being arranged at the circumference of the aforementioned criteria optical axis, the aforementioned angle-of-deviation prism has the plane of incidence which has a refracting interface in the aforementioned light source side, and the injection side which has a flat surface in the aforementioned irradiated plane side.

[0009] Moreover, in the 2nd invention of this invention, the aligner characterized by having the lighting optical equipment of the 1st invention and the projection optical system for carrying out projection exposure of the pattern of the mask arranged on the aforementioned irradiated plane at a photosensitive substrate is offered.

[0010] Moreover, in the 3rd invention, the manufacture method of the semiconductor device characterized by including the process which exposes the pattern of the mask arranged on the aforementioned irradiated plane on a photosensitive substrate using the lighting optical equipment of the 1st invention is offered.

[0011]

[Embodiments of the Invention] In this invention, prism optical system is arranged in the optical path between two optical integrators like a fly eye lens. This prism optical system forms two or more irradiation fields which carried out eccentricity to the criteria optical axis about the plane of incidence of the 2nd fly eye lens based on the flux of light from the light source of a large number formed of the 1st fly eye lens. Moreover, prism optical system is constituted so that the position of two or more irradiation fields formed in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens can be adjusted.

[0012] concrete -- prism optical system -- the order from a light source side -- the 1st prism -- the [a member and] -- it has 2 prism member Here, the 1st prism member has a injection side with the refracting interface formed in the concave towards the irradiated plane side. On the other hand, while the 2nd prism member is arranged at the circumference of a criteria optical axis, it has two or more angle-of-deviation prism formed possible [an inclination] to the criteria optical axis, and each angle-of-deviation prism has the plane of incidence which has a refracting interface in a light source side, and the injection side which has a flat surface in an irradiated plane side.

[0013] four refracting interfaces in which the injection side of a member is formed by the

pyramidal surface of a symmetrical right square drill about a criteria optical axis the 1st prism according to the still more concrete example of composition -- having -- the 2nd prism -- a member -- it is constituted possible [an inclination] so that four inner angle-of-deviation prism may become symmetrical about a criteria optical axis Consequently, a member and four irradiation fields which carried out eccentricity to the plane of incidence of the 2nd fly eye lens to the criteria optical axis by operation of a member the 2nd prism are formed in a predetermined position the 1st prism, respectively. In this way, the so-called 4 pole deformation lighting can be performed by setting up the aperture diaphragm which has 4 hole-like opening near the posterior focal plane of the 2nd fly eye lens. In this case, there is very little flux of light covered by the aperture diaphragm among the injection flux of lights from the secondary light source formed through the 2nd fly eye lens, and 4 pole deformation lighting can be performed, stopping the optical loss in an aperture diaphragm good.

[0014] the [moreover, / the focal distance of the relay optical system arranged in the optical path between two fly eye lenses, and] -- the size of the irradiation field formed in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens can be changed by changing at least one side of the focal distances of 1 fly eye lens Furthermore, the center position of the irradiation field formed in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens can be changed by changing the inclination of each angle-of-deviation prism of a member the 2nd prism. If it puts in another way, the parameter of 4 pole deformation lighting can be changed by easy operation, stopping the optical loss in an aperture diaphragm good.

[0015] the refracting interface in which the injection side of a member is formed by the conical surface of a symmetrical cone about a criteria optical axis the 1st prism according to still more nearly another concrete example of composition -- having -- the 2nd prism -- a member -- it is constituted possible [an inclination] so that at least four inner angle-of-deviation prism may become symmetrical about a criteria optical axis Consequently, the 1st prism, a member and at least four irradiation fields which carried out eccentricity to the plane of incidence of the 2nd fly eye lens to the criteria optical axis by operation of a member the 2nd prism align in the shape of zona orbicularis mostly, and it is formed. In this way, the so-called zona-orbicularis deformation lighting can be performed by setting up the aperture diaphragm which has zona-orbicularis-like opening near the posterior focal plane of the 2nd fly eye lens. The parameter of zona-orbicularis deformation lighting can be changed stopping the optical loss in an aperture diaphragm good by easy operation, while being able to perform zona-orbicularis deformation lighting, stopping the optical loss in an aperture diaphragm good also in this case.

[0016] As mentioned above, with the lighting optical equipment of this invention, deformation lighting like zona-orbicularis lighting or 4 pole lighting can be performed, stopping the optical loss in an aperture diaphragm good. In addition, the parameter of deformation lighting can be changed by easy operation, stopping the optical loss in an aperture diaphragm good. Therefore, in the aligner incorporating the lighting optical equipment of this invention, the kind and parameter of deformation lighting can be changed suitably, and the resolution and the depth of focus of the projection optical system suitable for the detailed pattern which should carry out exposure projection can be obtained. Consequently, good high projection exposure of a throughput can be performed under a high exposure illuminance and good exposure conditions. Moreover, by the manufacture method of a semiconductor device including the process which exposes the pattern of the mask arranged on an irradiated plane using the lighting optical equipment of this invention on a photosensitive substrate, since projection exposure can be performed under good exposure conditions, a good semiconductor device can be manufactured.

[0017] The example of this invention is explained based on an accompanying drawing. Drawing 1 is drawing showing roughly the composition of the aligner equipped with the lighting optical equipment concerning the example of this invention. In drawing 1, the X-axis is set [the Z-axis] up in the direction perpendicular to the space of drawing 1 for the Y-axis in a field perpendicular to an optical axis AX in the direction parallel to the space of drawing 1 in a field perpendicular to an optical axis AX in parallel with the optical axis AX of an aligner, respectively.

[0018] The aligner of drawing 1 is equipped with the excimer laser which supplies wavelength

(248nm or 193nm) of light as the light source 1 for supplying exposure light. Incidence of the flux of light injected from the light source 1 is carried out to the beam expander 2 which consists of cylindrical lenses 2a and 2b of a couple. Each cylindrical lenses 2a and 2b have negative refractive power and negative positive refractive power in the space of drawing 1 (inside of YZ flat surface), respectively, and function as a plane-parallel plate in the field which intersects perpendicularly with space including an optical axis AX (inside of XZ flat surface). Therefore, the flux of light which carried out incidence to the beam expander 2 is expanded in the space of drawing 1, and after being orthopedically operated by the flux of light which has the cross section of a predetermined configuration, incidence of it is carried out to the 1st fly eye lens 3 as an optical integrator.

[0019] The flux of light which carried out incidence to the 1st fly eye lens 3 is divided in two dimensions by two or more lens elements which constitute the 1st fly eye lens 3, and forms two or more light source images which correspond to the number of lens elements at the posterior focal plane. The flux of light from two or more light source images formed in the posterior focal plane of the 1st fly eye lens 3 illuminates the 2nd fly eye lens 7 as an optical integrator in superposition, after the pyramid prism 4, the angle-of-deviation prism aggregate 5, and a focal distance mind the adjustable relay optical system 6. In addition, about the composition and an operation of the pyramid prism 4 and the angle-of-deviation prism aggregate 5, it mentions later.

[0020] The flux of light which carried out incidence to the 2nd fly eye lens 7 is divided in two dimensions by two or more lens elements which constitute the 2nd fly eye lens 7, and the secondary light source which consists of a number of light source images expressed with the product of the number of the lens elements of the 1st fly eye lens 3 and the number of the lens elements of the 2nd fly eye lens 7 to the posterior focal plane is formed. After the flux of light from the secondary light source formed in the posterior focal plane of the 2nd fly eye lens 7 is restricted through the aperture diaphragm 8 arranged in the near, incidence of it is carried out to the capacitor optical system 9.

[0021] An aperture diaphragm 8 has two or more openings from which the configuration formed in the shape of a periphery on the turret (rotor plate) which can rotate to the circumference of a predetermined axis parallel to an optical axis AX, or a size differs. That is, opening of the circle configuration from which a size differs, opening of the shape of zona orbicularis from which a size and a configuration differ (in a circle), opening of the shape of 4 holes from which a size and a configuration differ, etc. are formed in the turret of an aperture diaphragm 8 if needed. Therefore, the configuration or size of the secondary light source formed through the 2nd fly eye lens 7 is restricted to a desired configuration or a desired size by rotating the turret of an aperture diaphragm 8 and setting up a desired configuration or opening of a size in a lighting optical path.

[0022] The light from the secondary light source restricted to a desired configuration or a desired size by the aperture diaphragm 8 carries out uniform lighting of the mask 10 with which the predetermined pattern was formed in superposition, after receiving a condensing operation of the capacitor optical system 9. The flux of light which penetrated the pattern of a mask 10 forms the image of a mask pattern through a projection optical system 11 on the wafer 12 which is a photosensitive substrate. In this way, the pattern of a mask 10 is serially exposed by each exposure field of a wafer 12 by performing projection exposure, carrying out drive control of the wafer 12 in two dimensions into the flat surface (XY flat surface) which intersects perpendicularly with the optical axis AX of a projection optical system 11.

[0023] Drawing 2 is drawing showing roughly the composition from the 1st fly eye lens 3 of drawing 1 to the 2nd fly eye lens 7, and (a) shows the composition of each angle-of-deviation prism with which (c) constitutes the angle-of-deviation prism aggregate 5 for the 2nd state where (b) performs 4 pole deformation lighting for the 1st state of performing minor diameter opening lighting, respectively. Moreover, drawing 3 is drawing explaining an operation with the pyramid prism 4 and the angle-of-deviation prism aggregate 5, and (a) shows [(b)] the 2nd state corresponding to drawing 2 (b) for the 1st state corresponding to drawing 2 (a), respectively.

[0024] First, reference of drawing 2 (a) and (b) forms the field by the side of the light source of the pyramid prism 4 in the plane perpendicular to an optical axis AX. Moreover, the field by the side

of the mask of the pyramid prism 4 consists of four refracting interfaces 4a-4d, and, on the whole, is formed in the shape of a pyramid concave surface toward the mask side. Furthermore, four refracting interfaces 4a-4d are equivalent to the detail at the pyramidal surface (side except a base) of the right square drill which carries out the vertex of one on an optical axis AX, and has four ridgelines along with the X-axis and a Y-axis. That is, four refracting interfaces 4a-4d are equivalent to the pyramidal surface of a symmetrical right square drill about the optical axis AX.

[0025] Moreover, the angle-of-deviation prism aggregate 5 consists of four angle-of-deviation prism 5a-5d which countered four refracting interfaces 4a-4d of the pyramid prism 4, and has been symmetrically arranged about an optical axis AX. As shown in drawing 2 (c), on the whole, each angle-of-deviation prism 5a-5d is formed in the shape of a rectangle, and has the angle of deviation (namely, angle which a field and a refracting interface perpendicular to an optical axis AX make) of each refracting interface of the pyramid prism 4, and the angle of deviation of the same angle. Therefore, in the 1st state of drawing 2 (a), the refracting interface by the side of the angle-of-deviation prism [5a-5d] light source is parallel to the refracting interfaces 4a-4d which the pyramid prism 4 counters respectively, and both the fields by the side of an angle-of-deviation prism [5a-5d] mask are perpendicular to an optical axis AX.

[0026] On the other hand, only in the predetermined angle, in the 2nd state of drawing 2 (b), the angle-of-deviation prism 5a-5d leans from the 1st state symmetrically about the optical axis AX. The refracting interface by the side of the angle-of-deviation prism [5a-5d] light source becomes less parallel to the refracting interfaces 4a-4d which the pyramid prism 4 counters, and the field by the side of an angle-of-deviation prism [5a-5d] mask is consequently, less perpendicular to an optical axis AX.

[0027] Incidence of the chief ray of the injection light from the light source image formed through the 1st fly eye lens 3 here when drawing 3 (a) corresponding to the 1st state of drawing 2 (a) was referred to is carried out to the pyramid prism 4 in parallel with an optical axis AX. The chief ray which carried out incidence to the pyramid prism 4 in parallel with an optical axis AX is refracted, respectively by the refracting interface of the pyramid prism 4, and the refracting interface of the angle-of-deviation prism aggregate 5. However, in the 1st state, as mentioned above, since the refracting interface of the pyramid prism 4 and the refracting interface of the angle-of-deviation prism aggregate 5 are mutually parallel, the chief ray through the pyramid prism 4 and the angle-of-deviation prism aggregate 5 becomes parallel to an optical axis AX again, and is injected.

[0028] Incidence of the chief ray injected in parallel with an optical axis AX is carried out to the center (intersection of an optical axis AX and plane of incidence) of the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7 through the relay optical system 6 from the angle-of-deviation prism aggregate 5. In this way, as shown in drawing 4, the irradiation field 41 (the slash in drawing shows) of the cross-section configuration of the lens element of the 1st fly eye lens 3 and the shape of a rectangle with comparatively small size which is similarity is formed in the center of the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7. That is, the focal distance of the relay optical system 6 is set up so that the size of the irradiation field 41 formed in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7 may become comparatively small 1st in the state of drawing 2 (a).

[0029] In addition, although drawing 2 - drawing 4 show the typical gestalt which made division of each fly eye lens extremely coarse for clear-izing of a drawing, each fly eye lens consists of many lens elements in fact. Therefore, in drawing 4, incidence of the irradiation field 41 formed in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7 is carried out to many lens elements. This point is the same also in other related drawings.

[0030] In this case, the whole secondary light source configuration formed in the posterior focal plane of the 2nd fly eye lens 7 is equivalent to the whole irradiation field 41 configuration formed in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7. Therefore, as shown in drawing 4, by setting up the small circular opening 42 of the diameter of opening corresponding to the whole secondary light source configuration formed in the posterior focal plane of the 2nd fly eye lens 7 in the 1st state in a lighting optical path, the configuration of the secondary light source can be restricted to the small circle configuration of a path, and the so-called minor diameter opening lighting can be performed. In this case, there is very little flux of light covered by the aperture diaphragm 8 among

the injection flux of lights from the secondary light source, and it can stop the optical loss in an aperture diaphragm 8 good.

[0031] On the other hand, if drawing 3 (b) corresponding to the 2nd state of drawing 2 (b) is referred to, although incidence of the chief ray of the injection light from the light source image formed through the 1st fly eye lens 3 will be carried out to the pyramid prism 4 in parallel with an optical axis AX. Since the refracting interface of the pyramid prism 4 and the refracting interface of the angle-of-deviation prism aggregate 5 are not parallel, to an optical axis AX, the chief ray through the pyramid prism 4 and the angle-of-deviation prism aggregate 5 inclines, and is injected. The chief ray which furthermore minded the pyramid prism 4 and the angle-of-deviation prism aggregate 5 since it was set to it so that it might become small as the interval of the refracting interface of the pyramid prism 4 and the refracting interface of the angle-of-deviation prism aggregate 5 separated in the detail from the optical axis AX is injected along the direction separated from an optical axis AX to a radial.

[0032] Therefore, incidence of the chief ray injected from the angle-of-deviation prism aggregate 5 is carried out to the position distant from the center of the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7 along with four radial-axis lines which inclined only 45 degrees to the X-axis and the Y-axis in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7, respectively through the relay optical system 6. In this way, as shown in drawing 5, the irradiation fields 51-54 of the shape of a rectangle with comparatively small size are formed in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7 by the cross-section configuration of the lens element of the 1st fly eye lens 3, and similarity. that is Drawing 4 and =8;? 9?///&N0001=136&N0552=9&N0553=000007" If the comparison reference of TARGET="tjitemdrw"> drawing 5 is carried out From the 1st parallel state, each refracting interface of the pyramid prism 4 and each refracting interface of the angle-of-deviation prism aggregate 5 By changing to the 2nd state where only the predetermined angle inclined symmetrically about the optical axis AX, each refracting interface of the angle-of-deviation prism aggregate 5 to each refracting interface of the pyramid prism 4 The irradiation field 41 currently formed in the center of the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7 carries out a parallel displacement toward four corners of the plane of incidence, and four irradiation fields 51-54 are formed.

[0033] In this case, the whole secondary light source configuration formed in the posterior focal plane of the 2nd fly eye lens 7 is equivalent to the whole irradiation field 51-54 configuration of the shape of 4 poles formed in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7. therefore, the thing for which four small circular openings (4 hole-like opening) 55-58 are set up in a lighting optical path corresponding to the whole secondary light source configuration formed in the posterior focal plane of the 2nd fly eye lens 7 in the 2nd state as shown in drawing 5 -- the configuration of the secondary light source -- the shape of 4 holes -- restricting -- 4 [so-called] -- deformation lighting can be performed very much There is very little flux of light covered by the aperture diaphragm 8 among the injection flux of lights from the secondary light source also in this case, and it can stop the optical loss in an aperture diaphragm 8 good.

[0034] By the way, by changing the focal distance of the relay optical system 6 suitably 1st in the state of drawing 2 (a), as shown in drawing 6, the big irradiation field 61 of size can be formed in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7. In this case, by setting up the big circular opening 62 of the diameter of opening in a lighting optical path corresponding to the secondary light source formed according to the irradiation field 61 in the posterior focal plane of the 2nd fly eye lens 7, the configuration of the secondary light source can be restricted to the big circle configuration of a path, and the so-called major-diameter opening lighting can be performed. There is very little flux of light covered by the aperture diaphragm 8 among the injection flux of lights from the secondary light source also in this case, and it can stop the optical loss in an aperture diaphragm 8 good.

Thus, only by changing the focal distance of the relay optical system 6 in the 1st state, the size of the secondary light source restricted to the circle configuration can be changed stopping the optical loss in an aperture diaphragm 8 good, and the lighting coherency suitable for the pattern which should carry out exposure projection can be obtained.

[0035] Moreover, the center position of the irradiation fields 51-54 formed in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7 can be changed by changing suitably the inclination of the refracting interface of the angle-of-deviation prism aggregate 5 to the refracting interface of the pyramid prism 4 in the 2nd state of drawing 3 (a). Furthermore, as mentioned above, the size of the irradiation fields 51-54 formed in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7 can be changed by changing the focal distance of the relay optical system 6 suitably. In this case, the parameter (the size and the center position of an irradiation field) of 4 pole deformation lighting can be changed by setting up 4 hole-like opening corresponding to the size and the center position of the irradiation fields 51-54 in a lighting optical path. Thus, changing suitably the inclination of the refracting interface of the angle-of-deviation prism aggregate 5 to the refracting interface of the pyramid prism 4 in the 2nd state, or stopping the optical loss in an aperture diaphragm 8 good only by changing the focal distance of the relay optical system 6 suitably, the parameter of 4 pole deformation lighting can be changed and the resolution and the depth of focus of the projection optical system suitable for the detailed pattern which should carry out exposure projection can be obtained.

[0036] Drawing 7 is drawing explaining the drive for leaning symmetrically the refracting interface of the angle-of-deviation prism aggregate 5 about an optical axis AX, (a) is the side elevation of a drive and (b) is drawing showing the physical relationship of the angle-of-deviation prism aggregate 5 and the pyramid prism 4 along with an optical axis. in addition -- drawing 7 (b) - a clear-izing of a drawing sake -- the inside of the component of a drive -- a rod -- a member -- illustration of elements other than 500 is omitted

[0037] the rod arranged so that the drive shown in drawing 7 may be prolonged along with an optical axis AX -- it has the member 500 a rod -- a member 500 -- the longitudinal axis (namely, optical axis AX) -- meeting -- sliding -- free -- a presser foot -- the member 501 is attached this presser foot -- a member 501 -- four arms -- the Members [502a-502d] end is pivoted moreover, four arms -- ***** pivoting of the Members [502a-502d] other end is carried out in the predetermined position of the field by the side of an angle-of-deviation prism [which constitutes the angle-of-deviation prism aggregate 5 / 5a-5d] mask As mentioned above, the drive shown in drawing 7 has symmetrical structure about an optical axis AX, in order to lean symmetrically the refracting interface of the angle-of-deviation prism aggregate 5 about an optical axis AX.

[0038] therefore -- for example, -- if it presses down to the position shown with a dashed line from the position shown as a solid line in drawing 7 and a member 501 is slid with a suitable actuator (un-illustrating) -- four arms -- Members 502a-502d will be in the state where it opened to the position shown with a dashed line from the position shown by the drawing solid line. Consequently, the angle-of-deviation prism 5a-5d of the angle-of-deviation prism aggregate 5 drives to the position shown with a dashed line from the position shown by the drawing solid line. In this way, only a desired angle can lean symmetrically the refracting interface of the angle-of-deviation prism aggregate 5 about an optical axis AX with a simple drive.

[0039] As mentioned above, in the 1st state where each refracting interface of the angle-of-deviation prism aggregate 5 was kept parallel to each refracting interface of the pyramid prism 4, stopping the optical loss in an aperture diaphragm 8, good, only by changing the focal distance of the relay optical system 6 suitably, the size of the secondary light source restricted to the circle configuration can be changed, and the lighting coherency suitable for the pattern which should carry out exposure projection can be obtained in this example. In the 2nd state where each refracting interface of the angle-of-deviation prism aggregate 5 was leaned to each refracting interface of the pyramid prism 4, moreover, only by changing suitably the inclination of the refracting interface of the angle-of-deviation prism aggregate 5, or changing the focal distance of the relay optical system 6 suitably Stopping the optical loss in an aperture diaphragm 8 good, the parameter of 4 pole deformation lighting can be changed and the resolution and the depth of focus of the projection optical system suitable for the detailed pattern which should carry out exposure projection can be obtained.

[0040] Drawing 8 is drawing explaining the 1st modification, and is drawing showing the physical relationship of the cone prism 40 and the angle-of-deviation prism aggregate 50 which have been

arranged along with an optical axis. Although the 1st modification has an above-mentioned example and above-mentioned analogous composition, it is different from the example only with the above-mentioned point that the angle-of-deviation prism aggregate 50 which replaces with the angle-of-deviation prism aggregate 5 which it replaces with the pyramid prism 4, and the cone prism 40 is arranged, and consists of four angle-of-deviation prism, and consists of eight angle-of-deviation prism is arranged. Hereafter, the 1st modification is explained paying attention to difference with an above-mentioned example.

[0041] In the 1st modification, the field by the side of the light source of the cone prism 40 is formed in the plane perpendicular to an optical axis AX like the field by the side of the light source of the pyramid prism 4 of an example. Moreover, the field by the side of the mask of the cone prism 40 is formed in the shape of a cone concave surface toward the mask side. Furthermore, the refracting interface by the side of the mask of the cone prism 40 is equivalent to the detail about the optical axis AX at the conical surface (side except a base) of a symmetrical cone. Moreover, the angle-of-deviation prism aggregate 50 consists of eight angle-of-deviation prism 50a-50h symmetrically arranged about an optical axis AX. As shown in drawing 8, on the whole, each angle-of-deviation prism 50a-50h is formed in the shape of a triangle, and has the angle of deviation (namely, angle which a field and a refracting interface perpendicular to an optical axis AX make) of the refracting interface which the cone prism 40 counters, and the angle of deviation of the almost same angle.

[0042] Therefore, in the 1st state, the refracting interface by the side of the angle-of-deviation prism [50a-50h] light source is almost parallel to the refracting interface which the cone prism 40 counters respectively, and both the fields by the side of an angle-of-deviation prism [50a-50h] mask are perpendicular to an optical axis AX. In this way, 1st in the state of the 1st modification, the irradiation field of the cross-section configuration of the lens element of the 1st fly eye lens 3 and the shape of a rectangle with comparatively small size which is similarity mostly is formed at the center of the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7 almost like the 1st state of an example.

[0043] On the other hand, only in a predetermined angle, in the 2nd state, the angle-of-deviation prism 50a-50h inclines from the 1st state symmetrically about an optical axis AX. Only the refracting interface which, as for the refracting interface by the side of the angle-of-deviation prism [50a-50h] light source, the cone prism 40 counters, and a predetermined angle incline, and become consequently, less perpendicular [the field by the side of an angle-of-deviation prism / 50a-50h / mask] to an optical axis AX. Therefore, incidence of the light injected from the angle-of-deviation prism aggregate 50 is carried out to the position distant from the center of the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7 along with eight radial-axis lines which inclined only 0 times and 45 degrees to the X-axis and the Y-axis in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7, respectively through the relay optical system 6.

[0044] In this way, 2nd in the state of the 1st modification, as shown in drawing 9, in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7, the irradiation fields 91-98 of the shape of a rectangle with comparatively small size are mostly formed by similarity with the cross-section configuration of the lens element of the 1st fly eye lens 3. That is, by changing from the 1st state to the 2nd state, the irradiation field currently formed in the center of the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7 carries out a parallel displacement along with eight radial-axis lines, and, on the whole, eight irradiation fields 91-98 are formed in the shape of a periphery.

[0045] In this case, the whole secondary light source configuration formed in the posterior focal plane of the 2nd fly eye lens 7 is equivalent to the whole irradiation field 91-98 configuration formed in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7. Therefore, as shown in drawing 9, by setting up the zona-orbicularis-like opening 99 in a lighting optical path corresponding to the whole secondary light source configuration formed in the posterior focal plane of the 2nd fly eye lens 7 in the 2nd state, the configuration of the secondary light source can be restricted in the shape of zona orbicularis, and the so-called zona-orbicularis deformation lighting can be performed. There is very little flux of light covered by the aperture diaphragm 8 among the injection flux of lights from the secondary light source also in this case, and it can stop the optical loss in an

aperture diaphragm 8 good.

[0046] Moreover, the center position of the irradiation fields 91-98 formed in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7 can be changed by changing suitably the inclination of the refracting interface of the angle-of-deviation prism aggregate 50 to the refracting interface of the cone prism 40 in the 2nd state of the 1st modification. Furthermore, the size of the irradiation fields 91-98 formed in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7 can be changed by changing the focal distance of the relay optical system 6 suitably. If it puts in another way, in the 2nd state of the 1st modification, changing suitably the inclination of the refracting interface of the angle-of-deviation prism aggregate 50, or stopping the optical loss in an aperture diaphragm 8 good only by changing the focal distance of the relay optical system 6 suitably, the parameter of zona-orbicularis deformation lighting can be changed and the resolution and the depth of focus of the projection optical system suitable for the detailed pattern which should carry out exposure projection can be obtained.

[0047] Drawing 10 is drawing explaining the 2nd modification, and is drawing showing the physical relationship of the mountain configuration prism 104 and the angle-of-deviation prism aggregate 105 which have been arranged along with an optical axis. The 2nd modification is different from the example only with the above-mentioned point that the angle-of-deviation prism aggregate 105 which replaces with the angle-of-deviation prism aggregate 5 which the mountain configuration prism 104 which replaces with the pyramid prism 4 which has four refracting interfaces, and has two refracting interfaces although it has an above-mentioned example and above-mentioned analogous composition is arranged, and consists of four angle-of-deviation prism, and consists of two angle-of-deviation prism is arranged. Hereafter, the 2nd modification is explained paying attention to difference with an above-mentioned example.

[0048] In the 2nd modification, the field by the side of the light source of the mountain configuration prism 104 is formed in the plane perpendicular to an optical axis AX like the field by the side of the light source of the pyramid prism 4 of an example. Moreover, the field by the side of the mask of the mountain configuration prism 104 consists of refracting interfaces 104a and 104b of two symmetrical planes about the X-axis (or Y-axis) which intersects perpendicularly with an optical axis AX, and, on the whole, is formed in the concave toward the mask side. Moreover, the angle-of-deviation prism aggregate 105 consists of two angle-of-deviation prism 105a and 105b symmetrically arranged about the X-axis (or Y-axis). As shown in drawing 10, on the whole, each angle-of-deviation prism 105a and 105b is formed in the shape of a rectangle, and has the angle of deviation (namely, angle which a field and a refracting interface perpendicular to an optical axis AX make) of the refracting interface which the mountain configuration prism 104 counters, and the angle of deviation of the same angle.

[0049] Therefore, in the 1st state, the refracting interface by the side of the light source of the angle-of-deviation prism 105a and 105b is parallel to the refracting interfaces 104a and 104b which the mountain configuration prism 104 counters respectively, and both the fields by the side of the mask of the angle-of-deviation prism 105a and 105b are perpendicular to an optical axis AX. In this way, 1st in the state of the 1st modification, the irradiation field of the cross-section configuration of the lens element of the 1st fly eye lens 3 and the shape of a rectangle with comparatively small size which is similarity is formed at the center of the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7 like the 1st state of an example.

[0050] On the other hand, only in a predetermined angle, in the 2nd state, the angle-of-deviation prism 105a and 105b inclines from the 1st state symmetrically about the X-axis (or Y-axis). Only the refracting interfaces 104a and 104b which, as for the refracting interface by the side of the light source of the angle-of-deviation prism 105a and 105b, the mountain configuration prism 104 counters, and a predetermined angle incline, and become consequently, less perpendicular [the field by the side of the mask of the angle-of-deviation prism 105a and 105b] to an optical axis AX. Therefore, incidence of the light injected from the angle-of-deviation prism aggregate 105 is carried out to the position distant from the center of the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7 along with two radial-axis lines which met the Y-axis (or X-axis) in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7 through the relay optical system 6.

[0051] In this way, 2nd in the state of the 1st modification, as shown in drawing 11 (a), in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7, the irradiation fields 111 and 112 of the shape of a rectangle with comparatively small size are formed by the cross-section configuration of the lens element of the 1st fly eye lens 3, and similarity. That is, by changing from the 1st state to the 2nd state, the irradiation field currently formed in the center of the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7 carries out a parallel displacement along with two radial-axis lines, and along with a Y-axis (or X-axis), two irradiation fields 111 and 112 separate an interval, and are formed.

[0052] In this case, the whole secondary light source configuration formed in the posterior focal plane of the 2nd fly eye lens 7 is equivalent to the whole irradiation field 111 and 112 configuration formed in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7. Therefore, deformation lighting which restricted the configuration of the secondary light source to the configuration of opening 113 can be performed by setting up the opening 113 of a configuration as shown in drawing 11 (b) corresponding to the whole secondary light source configuration formed in the posterior focal plane of the 2nd fly eye lens 7 in the 2nd state in a lighting optical path. There is very little flux of light covered by the aperture diaphragm 8 among the injection flux of lights from the secondary light source also in this case, and it can stop the optical loss in an aperture diaphragm 8 good.

[0053] Moreover, the center position of the irradiation fields 111 and 112 formed in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7 can be changed by changing suitably the inclination of the refracting interface of the angle-of-deviation prism aggregate 105 to the refracting interface of the mountain configuration prism 104 in the 2nd state of the 2nd modification. Furthermore, the size of the irradiation fields 111 and 112 formed in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7 can be changed by changing the focal distance of the relay optical system 6 suitably. If it puts in another way, in the 2nd state of the 2nd modification, changing suitably the inclination of the refracting interface of the angle-of-deviation prism aggregate 105, or stopping the optical loss in an aperture diaphragm 8 good only by changing the focal distance of the relay optical system 6 suitably, the parameter of deformation lighting can be changed and the resolution and the depth of focus of the projection optical system suitable for the detailed pattern which should carry out exposure projection can be obtained.

[0054] As mentioned above, in an above-mentioned example and an above-mentioned modification, deformation lighting like zona-orbicularis lighting or 4 pole lighting can be performed, stopping the optical loss in an aperture diaphragm good. In addition, the parameter of deformation lighting can be changed changing suitably the inclination of the refracting interface of the angle-of-deviation prism aggregate, or stopping the optical loss in an aperture diaphragm good only by changing the focal distance of relay optical system suitably, and the resolution and the depth of focus of the projection optical system suitable for the detailed pattern which should carry out exposure projection can be obtained. Consequently, good high projection exposure of a throughput can be performed under a high exposure illuminance and good exposure conditions.

[0055] Since the wafer which passed through the process (photolithography process) of exposure by the aligner of each example and a modification should pass the process to develop, a wafer process ends it through the process of the resist removal which removes the unnecessary resist after the process of etching which removes portions other than the developed resist, and the process of etching etc. And finally an end of a wafer process manufactures the semiconductor devices (LSI etc.) as a device like an actual erector through each process, such as printed dicing which cuts and chip-izes a wafer for every circuit, bonding which gives wiring etc. to each chip, and packaging which carries out packaging for every chip.

[0056] In addition, although the above explanation showed the example which manufactures a semiconductor device according to the photolithography process in the wafer process which used the projection aligner, a liquid crystal display element, the thin film magnetic head, and image pick-up elements (CCD etc.) can be manufactured as a semiconductor device according to the photolithography process using the aligner. In this way, since projection exposure can be performed under good exposure conditions when manufacturing a semiconductor device using the lighting optical equipment of this invention, a good semiconductor device can be manufactured.

[0057] In addition, in an above-mentioned example and an above-mentioned modification, in order to change the size (size) of the irradiation field formed in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7, the focal distance uses the adjustable relay optical system 6. However, even if it uses the relay optical system 6 of fixation of a focal distance, the size of the irradiation field formed in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7 can be changed by changing the focal distance of the 1st fly eye lens 3. Moreover, while changing the focal distance of the relay optical system 6, the size of the irradiation field formed in the plane of incidence of the 2nd fly eye lens 7 can also be changed by changing the focal distance of the 1st fly eye lens 3. In this case, in order to change the focal distance of the 1st fly eye lens 3, the composition which prepares two or more fly eye lenses from which a focal distance differs, and is set up in a lighting optical path by making one selected fly eye lens into the 1st fly eye lens 3 can be considered.

[0058] Moreover, the above-mentioned example is performing circular opening lighting, where the pyramid prism 4 and the angle-of-deviation prism aggregate 5 are set up in a lighting optical path. However, if circular opening lighting is performed where the pyramid prism 4 and the angle-of-deviation prism aggregate 5 are set up in a lighting optical path, lighting efficiency will fall a little. Then, the pyramid prism 4 and the angle-of-deviation prism aggregate 5 can be constituted free [insertion and detachment] to a lighting optical path, and it can also be made to evacuate from a lighting optical path in the case of circular opening lighting. This point is the same also in other modifications.

[0059] Furthermore, although the 1st fly eye lens 3 and the pyramid prism 4 are constituted as another member, the 1st fly eye lens 3 and the pyramid prism 4 can also consist of above-mentioned examples in one. This point is the same also in other modifications. Moreover, although the above-mentioned example explained this invention taking the case of the projection aligner equipped with lighting optical equipment, it is clear that this invention is applicable to the common lighting optical equipment for carrying out uniform lighting of the irradiated planes other than a mask.

[0060] In addition, although each above example showed the example using the ArF excimer laser which supplies light with the KrF excimer laser and the wavelength of 193nm which supply light with the wavelength of 248nm as the light source, it cannot be overemphasized that this invention is applicable also to equipment equipped with the light sources other than this. For example, it is also possible to use the light source unit which consists of combination with the non-line type optical element which changes into the light of short wavelength 200nm or less the light from laser light sources, such as F2 laser which supplies light with the wavelength of 157nm, or the laser light source which supplies the light of predetermined wavelength, and its laser light source etc. as a light source means of this invention.

[0061]

[Effect of the Invention] As explained above, with the lighting optical equipment of this invention, deformation lighting like zona-orbicularis lighting or 4 pole lighting can be performed, stopping the optical loss in an aperture diaphragm good. In addition, the parameter of deformation lighting can be changed by easy operation, stopping the optical loss in an aperture diaphragm good.

[0062] Therefore, in the aligner incorporating the lighting optical equipment of this invention, the kind and parameter of deformation lighting can be changed suitably, and the resolution and the depth of focus of the projection optical system suitable for the detailed pattern which should carry out exposure projection can be obtained. Consequently, good high projection exposure of a throughput can be performed under a high exposure illuminance and good exposure conditions. Moreover, by the manufacture method of a semiconductor device including the process which exposes the pattern of the mask arranged on an irradiated plane using the lighting optical equipment of this invention on a photosensitive substrate, since projection exposure can be performed under good exposure conditions, a good semiconductor device can be manufactured.

[Translation done.]

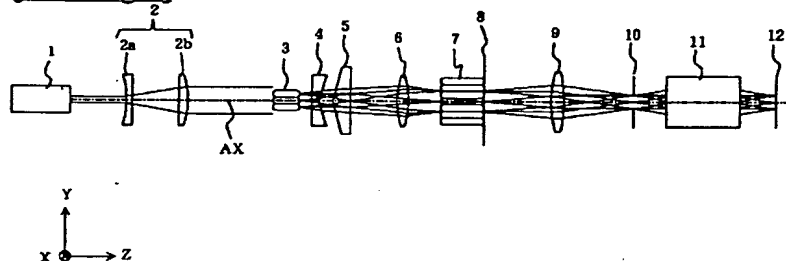
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

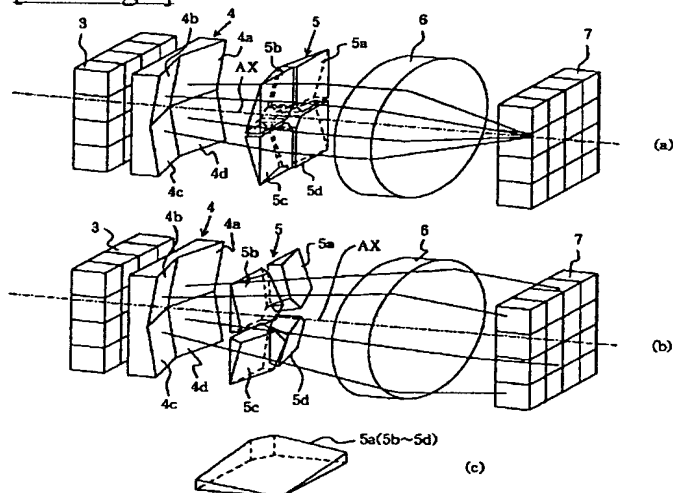
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

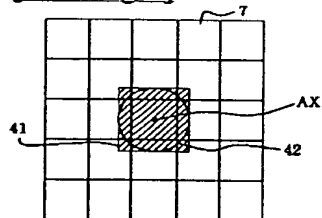
[Drawing 1]



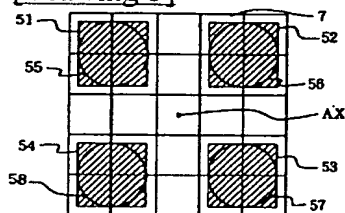
[Drawing 2]



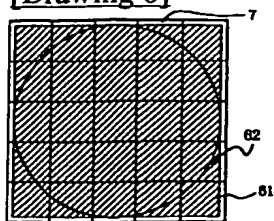
[Drawing 4]



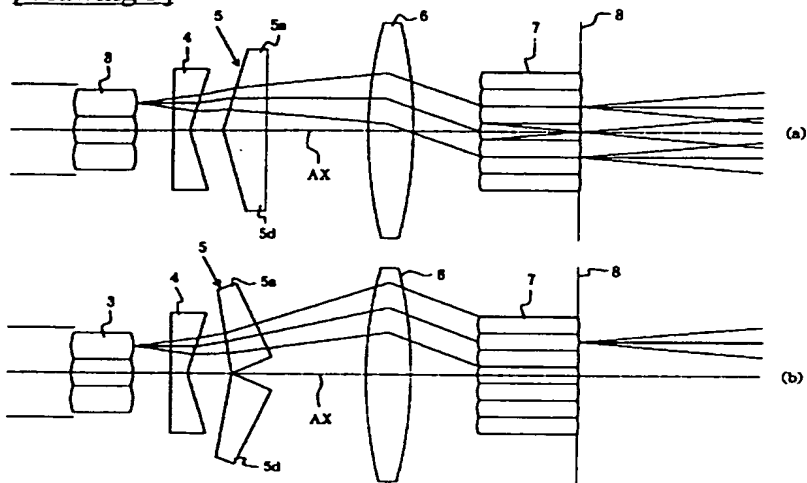
[Drawing 5]



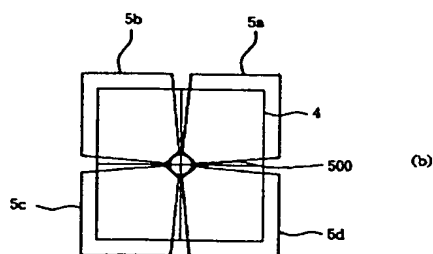
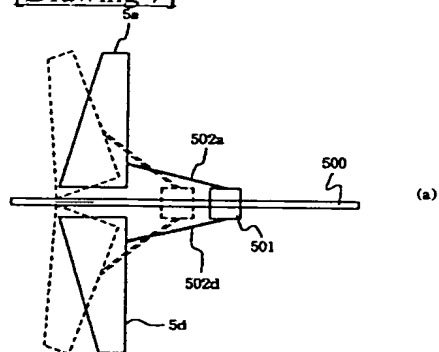
[Drawing 6]



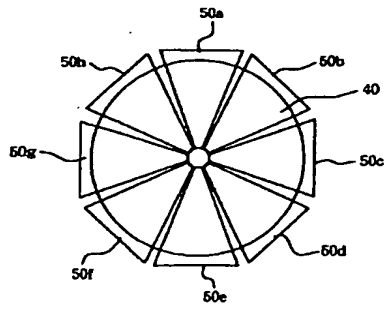
[Drawing 3]



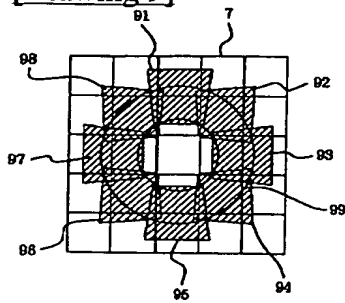
[Drawing 7]



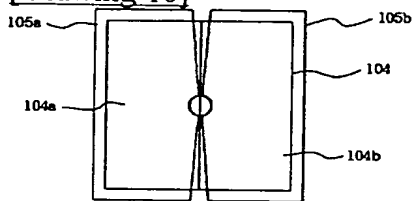
[Drawing 8]



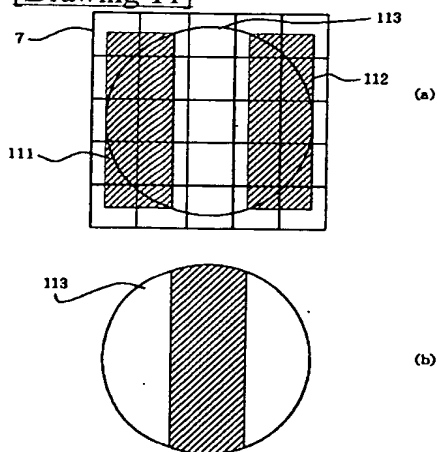
[Drawing 9]



[Drawing 10]



[Drawing 11]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 2 7 4 0 6 0

(43) 公開日 平成 1 1 年 (1 9 9 9) 1 0 月 8 日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H01L 21/027			H01L 21/30	515 D
G02B 5/04			G02B 5/04	F
G03F 7/20	521		G03F 7/20	521

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 1 2 頁)

(21) 出願番号 特願平 1 0 - 9 0 9 5 8

(22) 出願日 平成 1 0 年 (1 9 9 8) 3 月 1 9 日

(71) 出願人 0 0 0 0 4 1 1 2

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号

(72) 発明者 谷津 修

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株
式会社ニコン内

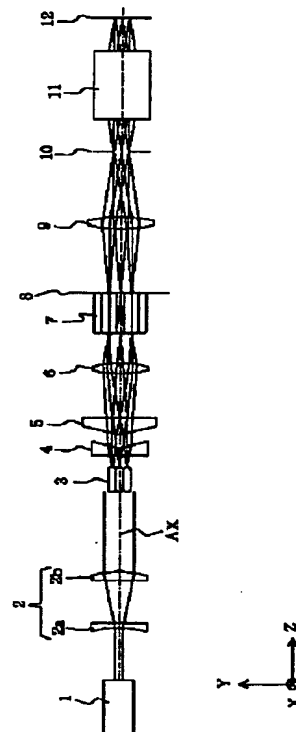
(74) 代理人 弁理士 山口 孝雄

(54) 【発明の名称】 照明光学装置および該照明光学装置を備えた露光装置

(57) 【要約】

【課題】 開口絞りにおける光損失を良好に抑えつつ輪帯照明や 4 極照明のような変形照明を行う。

【解決手段】 第 1 オプティカルインテグレータ (3) と第 2 オプティカルインテグレータ (7) との間の光路中には、第 1 オプティカルインテグレータ (3) により形成される第 1 多数光源からの光束に基づいて、第 2 オプティカルインテグレータ (7) の入射面に関して基準光軸 (A X) に対し偏心した複数の照射領域を形成するプリズム光学系 (4、5) が配置されている。プリズム光学系 (4、5) は、複数の照射領域の位置を調整可能に構成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光束を供給するための光源手段と、該光源手段からの光束に基づいて多数の光源からなる第 1 多数光源を形成するための第 1 オプティカルインテグレートと、該第 1 オプティカルインテグレートにより形成される第 1 多数光源からの光束に基づいてより多数の光源からなる第 2 多数光源を形成するための第 2 オプティカルインテグレートと、該第 2 オプティカルインテグレートにより形成される第 2 多数光源からの光束を集光して被照射面を照明するためのコンデンサー光学系とを備えた照明光学装置において、

前記第 1 オプティカルインテグレートと前記第 2 オプティカルインテグレートとの間の光路中には、前記第 1 オプティカルインテグレートにより形成される第 1 多数光源からの光束に基づいて、前記第 2 オプティカルインテグレートの入射面に関して基準光軸に対し偏心した複数の照射領域を形成するプリズム光学系が配置され、前記プリズム光学系は、前記複数の照射領域の位置を調整可能に構成されていることを特徴とする照明光学装置。

【請求項 2】 前記プリズム光学系は、光源側から順に、第 1 プリズム部材および第 2 プリズム部材を有し、前記第 1 プリズム部材は、前記被照射面側に向けて凹状に形成された屈折面を持つ射出面を有し、前記第 2 プリズム部材は、前記基準光軸回りに配置されるとともに前記基準光軸に対して傾斜可能に設けられた複数の偏角プリズムを有し、前記偏角プリズムは、前記光源側に屈折面を持つ入射面と、前記被照射面側に平面を持つ射出面とを有することを特徴とする請求項 1 に記載の照明光学装置。

【請求項 3】 前記第 1 プリズム部材の射出面は、前記基準光軸に関して対称な正四角錐の角錐面で形成される 4 つの屈折面を有し、前記第 2 オプティカルインテグレートの入射面に前記基準光軸に対して偏心した 4 つの照射領域をそれぞれ所定位置に形成するために、前記第 2 プリズム部材中の 4 つの偏角プリズムが前記基準光軸に関して対称となるように傾斜可能に構成されていることを特徴とする請求項 2 に記載の照明光学装置。

【請求項 4】 前記第 1 プリズム部材の射出面は、前記基準光軸に関して対称な円錐の円錐面で形成される屈折面を有し、前記第 2 オプティカルインテグレートの入射面に前記基準光軸に対して偏心した少なくとも 4 つの照射領域をほぼ輪帯状に整列させるために、前記第 2 プリズム部材中の少なくとも 4 つの偏角プリズムが前記基準光軸に関して対称となるように傾斜可能に構成されていることを特徴とする請求項 2 に記載の照明光学装置。

【請求項 5】 前記プリズム光学系と前記第 2 オプティカルインテグレートとの間の光路中には、前記第 1 オプ

ティカルインテグレートにより形成される第 1 多数光源と前記第 2 オプティカルインテグレートにより形成される第 2 多数光源とを光学的に共役にするリレー光学系が配置され、

前記第 1 オプティカルインテグレートと前記リレー光学系とのうちの少なくとも一方は、前記第 2 オプティカルインテグレートの入射面に形成される前記複数の照射領域の大きさを変化させるために、焦点距離が可変に構成され、

10 前記プリズム光学系は、前記第 1 オプティカルインテグレートと前記リレー光学系とのうちの少なくとも一方の焦点距離が変化することに応じて、前記複数の照射領域の位置を調整することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の照明光学装置。

【請求項 6】 前記第 2 プリズム部材の前記複数の偏角プリズムをそれぞれ傾斜させるために駆動する駆動手段を備え、

前記駆動手段は、前記基準光軸に沿って延びるように配置されたロッド部材と、該ロッド部材に対して前記基準光軸の方向に沿って滑動自在に取り付けられた押さえ部材と、一端が前記押さえ部材に枢着され且つ他端が前記複数の偏角プリズムの各々に枢着された複数のアーム部材とを有し、前記押さえ部材の滑動により前記複数の偏角プリズムを前記基準光軸に関して対称となるように傾斜させることを特徴とする請求項 2 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の照明光学装置。

【請求項 7】 請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の照明光学装置と、前記被照射面上に配置されたマスクのパターンを感光性基板に投影露光するための投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置。

【請求項 8】 請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の照明光学装置を用いて、前記被照射面上に配置されたマスクのパターンを感光性基板上に露光する工程を含むことを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は照明光学装置および該照明光学装置を備えた露光装置に関し、特に半導体デバイスをリソグラフィー工程で製造するための投影露光装置に好適な照明光学装置に関する。

【0002】

【従来の技術】この種の露光装置において、光源から射出された光束はフライアイレンズに入射し、その後側焦点面に多数の光源像からなる二次光源を形成する。二次光源からの光束は、フライアイレンズの後側焦点面の近傍に配置された開口絞りを介して制限された後、コンデンサーレンズに入射する。開口絞りは、所望の照明条件（露光条件）に応じて、二次光源の形状または大きさを所望の形状または大きさに制限する。

【0003】コンデンサーレンズにより集光された光束

は、所定のパターンが形成されたマスクを重疊的に照明する。マスクのパターンを透過した光は、投影光学系を介してウエハ上に結像する。こうして、ウエハ上には、マスクパターンが投影露光（転写）される。なお、マスクに形成されたパターンは高集積化されており、この微細パターンをウエハ上に正確に転写するにはウエハ上において均一な照度分布を得ることが不可欠である。

【0004】近年においては、フライアイレンズの射出側に配置された開口絞りの開口部の大きさを変化させることにより、フライアイレンズにより形成される二次光源の大きさを変化させて、照明のコヒーレンシ σ （ σ ＝開口絞り径／投影光学系の瞳径）を変化させる技術が注目されている。また、フライアイレンズの射出側に配置された開口絞りの開口部の形状を輪帯状や四つ穴状に設定することにより、フライアイレンズにより形成される二次光源の形状を輪帯状や四つ穴状に制限して、投影光学系の焦点深度や解像力を向上させる技術が注目されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、従来技術では、二次光源の形状を輪帯状や四つ穴状に制限して変形照明（輪帯変形照明や4極変形照明）を行うために、フライアイレンズにより矩形状に形成された比較的大きな二次光源からの光束を輪帯状や四つ穴状の開口部を有する開口絞りによって制限する。換言すると、従来技術における輪帯変形照明や4極変形照明では、二次光源からの光束の相当部分が開口絞りで遮蔽され、照明（露光）に寄与することがない。その結果、開口絞りにおける光損失により、マスクおよびウエハ上での照度が低下し、露光装置としてのスループットも低下するという不都合があった。

【0006】本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、開口絞りにおける光損失を良好に抑えつつ輪帯照明や4極照明のような変形照明を行うことのできる照明光学装置および該照明光学装置を備えた露光装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために、本発明の第1発明では、光束を供給するための光源手段と、該光源手段からの光束に基づいて多数の光源からなる第1多数光源を形成するための第1オブティカルインテグレータと、該第1オブティカルインテグレータにより形成される第1多数光源からの光束に基づいてより多数の光源からなる第2多数光源を形成するための第2オブティカルインテグレータと、該第2オブティカルインテグレータにより形成される第2多数光源からの光束を集光して被照射面を照明するためのコンデンサー光学系とを備えた照明光学装置において、前記第1オブティカルインテグレータと前記第2オブティカルインテグレータとの間の光路中には、前記第1オブティカルイン

テグレータにより形成される第1多数光源からの光束に基づいて、前記第2オブティカルインテグレータの入射面に関して基準光軸に対し偏心した複数の照射領域を形成するプリズム光学系が配置され、前記プリズム光学系は、前記複数の照射領域の位置を調整可能に構成されていることを特徴とする照明光学装置を提供する。

【0008】第1発明の好ましい態様によれば、前記プリズム光学系は、光源側から順に、第1プリズム部材および第2プリズム部材を有し、前記第1プリズム部材は、前記被照射面側に向けて凹状に形成された屈折面を持つ射出面を有し、前記第2プリズム部材は、前記基準光軸回りに配置されるとともに前記基準光軸に対して傾斜可能に設けられた複数の偏角プリズムを有し、前記偏角プリズムは、前記光源側に屈折面を持つ入射面と、前記被照射面側に平面を持つ射出面とを有する。

【0009】また、本発明の第2発明では、第1発明の照明光学装置と、前記被照射面上に配置されたマスクのパターンを感光性基板に投影露光するための投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置を提供する。

【0010】また、第3発明では、第1発明の照明光学装置を用いて、前記被照射面上に配置されたマスクのパターンを感光性基板上に露光する工程を含むことを特徴とする半導体デバイスの製造方法を提供する。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明では、フライアイレンズのような2つのオブティカルインテグレータの間の光路中にプリズム光学系が配置されている。このプリズム光学系は、第1フライアイレンズにより形成される多数の光源からの光束に基づいて、第2フライアイレンズの入射面に関して基準光軸に対し偏心した複数の照射領域を形成する。また、プリズム光学系は、第2フライアイレンズの入射面に形成される複数の照射領域の位置を調整することができるように構成されている。

【0012】具体的には、プリズム光学系は、光源側から順に、第1プリズム部材および第2プリズム部材を有する。ここで、第1プリズム部材は、被照射面側に向けて凹状に形成された屈折面を持つ射出面を有する。一方、第2プリズム部材は、基準光軸回りに配置されるとともに基準光軸に対して傾斜可能に設けられた複数の偏角プリズムを有し、各偏角プリズムは光源側に屈折面を持つ入射面と被照射面側に平面を持つ射出面とを有する。

【0013】さらに具体的な構成例によれば、第1プリズム部材の射出面は基準光軸に関して対称な正四角錐の角錐面で形成される4つの屈折面を有し、第2プリズム部材中の4つの偏角プリズムが基準光軸に関して対称となるように傾斜可能に構成される。その結果、第1プリズム部材および第2プリズム部材の作用により、第2フライアイレンズの入射面には基準光軸に対して偏心した4つの照射領域がそれぞれ所定位置に形成される。こう

して、第 2 フライアイレンズの後側焦点面の近傍に四つ穴状の開口部を有する開口絞りを設定することにより、いわゆる 4 極変形照明を行うことができる。この場合、第 2 フライアイレンズを介して形成される二次光源からの射出光束のうち開口絞りで遮蔽される光束は非常に少なく、開口絞りで光損失を良好に抑えつつ 4 極変形照明を行うことができる。

【 0 0 1 4 】 また、2 つのフライアイレンズの間の光路中に配置されたリレー光学系の焦点距離および第 1 フライアイレンズの焦点距離のうちの少なくとも一方を変化させることにより、第 2 フライアイレンズの入射面に形成される照射領域の大きさを変化させることができる。さらに、第 2 プリズム部材の各偏角プリズムの傾きを変化させることにより、第 2 フライアイレンズの入射面に形成される照射領域の中心位置を変化させることができる。換言すると、簡単な操作により、開口絞りで光損失を良好に抑えつつ、4 極変形照明のパラメータを変化させることができる。

【 0 0 1 5 】 さらに別の具体的な構成例によれば、第 1 プリズム部材の射出面は基準光軸に関して対称な円錐の円錐面で形成される屈折面を有し、第 2 プリズム部材中の少なくとも 4 つの偏角プリズムが基準光軸に関して対称となるように傾斜可能に構成される。その結果、第 1 プリズム部材および第 2 プリズム部材の作用により、第 2 フライアイレンズの入射面に基準光軸に対して偏心した少なくとも 4 つの照射領域がほぼ輪帯状に整列して形成される。こうして、第 2 フライアイレンズの後側焦点面の近傍に輪帯状の開口部を有する開口絞りを設定することにより、いわゆる輪帯変形照明を行うことができる。この場合も、開口絞りで光損失を良好に抑えつつ輪帯変形照明を行うことができるとともに、簡単な操作により開口絞りで光損失を良好に抑えつつ輪帯変形照明のパラメータを変化させることができる。

【 0 0 1 6 】 以上のように、本発明の照明光学装置では、開口絞りにおける光損失を良好に抑えつつ、輪帯照明や 4 極照明のような変形照明を行うことができる。加えて、簡単な操作により、開口絞りで光損失を良好に抑えつつ変形照明のパラメータを変化させることができる。したがって、本発明の照明光学装置を組み込んだ露光装置では、変形照明の種類およびパラメータを適宜変化させて、露光投影すべき微細パターンに適した投影光学系の解像度および焦点深度を得ることができる。その結果、高い露光照度および良好な露光条件のもとで、スループットの高い良好な投影露光を行うことができる。また、本発明の照明光学装置を用いて被照射面上に配置されたマスクのパターンを感光性基板上に露光する工程を含む半導体デバイスの製造方法では、良好な露光条件のもとで投影露光を行うことができるので、良好な半導体デバイスを製造することができる。

【 0 0 1 7 】 本発明の実施例を、添付図面に基づいて説

明する。図 1 は、本発明の実施例にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。図 1 において、露光装置の光軸 A X に平行に Z 軸を、光軸 A X に垂直な面内において図 1 の紙面に平行な方向に Y 軸を、光軸 A X に垂直な面内において図 1 の紙面に垂直な方向に X 軸をそれぞれ設定している。

【 0 0 1 8 】 図 1 の露光装置は、露光光を供給するための光源 1 として、たとえば 2 4 8 n m または 1 9 3 n m の波長の光を供給するエキシマレーザー光源を備えている。光源 1 から射出された光束は、一対のシリンドリカルレンズ 2 a および 2 b からなるビームエキスパンダー 2 に入射する。各シリンドリカルレンズ 2 a および 2 b は、図 1 の紙面内 (Y Z 平面内) にいて負の屈折力および正の屈折力をそれぞれ有し、光軸 A X を含んで紙面と直交する面内 (X Z 平面内) にいて平行平板として機能する。したがって、ビームエキスパンダー 2 に入射した光束は、図 1 の紙面内において拡大され、所定形状の断面を有する光束に整形された後、オブティカルインテグレータとしての第 1 フライアイレンズ 3 に入射する。

【 0 0 1 9 】 第 1 フライアイレンズ 3 に入射した光束は、第 1 フライアイレンズ 3 を構成する複数のレンズエレメントにより二次元的に分割され、その後側焦点面にレンズエレメントの数に対応する複数の光源像を形成する。第 1 フライアイレンズ 3 の後側焦点面に形成された複数の光源像からの光束は、角錐プリズム 4 と偏角プリズム集合体 5 と焦点距離が可変のリレー光学系 6 とを介した後、オブティカルインテグレータとしての第 2 フライアイレンズ 7 を重畳的に照明する。なお、角錐プリズム 4 および偏角プリズム集合体 5 の構成および作用については後述する。

【 0 0 2 0 】 第 2 フライアイレンズ 7 に入射した光束は、第 2 フライアイレンズ 7 を構成する複数のレンズエレメントにより二次元的に分割され、その後側焦点面に第 1 フライアイレンズ 3 のレンズエレメントの数と第 2 フライアイレンズ 7 のレンズエレメントの数との積で表される数の光源像からなる二次光源が形成される。第 2 フライアイレンズ 7 の後側焦点面に形成された二次光源からの光束は、その近傍に配置された開口絞り 8 を介して制限された後に、コンデンサー光学系 9 に入射する。

【 0 0 2 1 】 開口絞り 8 は、たとえば光軸 A X に平行な所定の軸線回りに回転可能なターレット (回転板) 上において円周状に形成された形状または大きさの異なる複数の開口部を有する。すなわち、開口絞り 8 のターレットには、大きさの異なる円形状の開口部や、大きさおよび形状の異なる輪帯状 (円環状) の開口部や、大きさおよび形状の異なる四つ穴状の開口部などが必要に応じて形成されている。したがって、開口絞り 8 のターレットを回転させて所望の形状または大きさの開口部を照明光路内に設定することによって、第 2 フライアイレンズ 7

を介して形成された二次光源の形状または大きさが所望の形状または大きさに制限される。

【0022】開口絞り8によって所望の形状または大きさに制限された二次光源からの光は、コンデンサー光学系9の集光作用を受けた後、所定のパターンが形成されたマスク10を重畳的に均一照明する。マスク10のパターンを透過した光束は、投影光学系11を介して、感光性基板であるウエハ12上にマスクパターンの像を形成する。こうして、投影光学系11の光軸AXと直交する平面(XY平面)内においてウエハ12を二次元的に駆動制御しながら投影露光を行うことにより、ウエハ12の各露光領域にはマスク10のパターンが逐次露光される。

【0023】図2は、図1の第1フライアイレンズ3から第2フライアイレンズ7までの構成を概略的に示す図であって、(a)は小径開口照明を行う第1状態を、

(b)は4極変形照明を行う第2状態を、(c)は偏角プリズム集合体5を構成する各偏角プリズムの構成をそれぞれ示している。また、図3は、角錐プリズム4と偏角プリズム集合体5との作用を説明する図であって、

(a)は図2(a)に対応する第1状態を、(b)は図2(b)に対応する第2状態をそれぞれ示している。

【0024】まず、図2(a)および(b)を参照すると、角錐プリズム4の光源側の面は、光軸AXに垂直な平面状に形成されている。また、角錐プリズム4のマスク側の面は、4つの屈折面4a~4dからなり、マスク側に向かって全体的に角錐凹面状に形成されている。さらに詳細には、4つの屈折面4a~4dは、光軸AX上の一点を頂点し且つX軸およびY軸に沿って4つの稜線を有する正四角錐の角錐面(底面を除く側面)に相当している。すなわち、4つの屈折面4a~4dは、光軸AXに関して対称な正四角錐の角錐面に相当している。

【0025】また、偏角プリズム集合体5は、角錐プリズム4の4つの屈折面4a~4dに対向して光軸AXに関して対称に配置された4つの偏角プリズム5a~5dから構成されている。各偏角プリズム5a~5dは、図2(c)に示すように、全体的に矩形状に形成され、角錐プリズム4の各屈折面の偏角(すなわち光軸AXに垂直な面と屈折面とがなす角度)と同じ角度の偏角を有する。したがって、図2(a)の第1状態において、偏角プリズム5a~5dの光源側の屈折面は角錐プリズム4の対向する屈折面4a~4dとそれぞれ平行であり、偏角プリズム5a~5dのマスク側の面はともに光軸AXに垂直である。

【0026】一方、図2(b)の第2状態においては、偏角プリズム5a~5dが光軸AXに関して対称に所定の角度だけ第1状態から傾いている。その結果、偏角プリズム5a~5dの光源側の屈折面は角錐プリズム4の対向する屈折面4a~4dと平行ではなくなり、偏角プリズム5a~5dのマスク側の面は光軸AXに垂直では

なくなっている。

【0027】ここで、図2(a)の第1状態に対応する図3(a)を参照すると、第1フライアイレンズ3を介して形成された光源像からの射出光の主光線は、光軸AXに平行に角錐プリズム4に入射する。光軸AXに平行に角錐プリズム4に入射した主光線は、角錐プリズム4の屈折面および偏角プリズム集合体5の屈折面でそれぞれ屈折する。しかしながら、上述したように第1状態では、角錐プリズム4の屈折面と偏角プリズム集合体5の屈折面とは互いに平行であるため、角錐プリズム4および偏角プリズム集合体5を介した主光線は、再び光軸AXに平行になって射出される。

【0028】偏角プリズム集合体5から光軸AXに平行に射出された主光線は、リレー光学系6を介して、第2フライアイレンズ7の入射面の中心(光軸AXと入射面との交点)に入射する。こうして、図4に示すように、第2フライアイレンズ7の入射面の中心には、第1フライアイレンズ3のレンズエレメントの断面形状と相似な比較的サイズの小さい矩形状の照射領域41(図中斜線で示す)が形成される。すなわち、図2(a)の第1状態では、第2フライアイレンズ7の入射面に形成される照射領域41のサイズが比較的小さくなるように、リレー光学系6の焦点距離が設定されている。

【0029】なお、図2~図4では、図面の明瞭化のために、各フライアイレンズの分割を極端に粗くした模式的な形態を示しているが、実際には各フライアイレンズは多数のレンズエレメントから構成されている。したがって、図4において、第2フライアイレンズ7の入射面に形成された照射領域41は多数のレンズエレメントに入射する。この点は、関連する他の図においても同様である。

【0030】この場合、第2フライアイレンズ7の後側焦点面に形成される二次光源の全体形状は、第2フライアイレンズ7の入射面に形成される照射領域41の全体形状に対応している。したがって、図4に示すように、第1状態において第2フライアイレンズ7の後側焦点面に形成された二次光源の全体形状に対応した開口径の小さな円形開口部42を照明光路内に設定することにより、二次光源の形状を径の小さな円形状に制限して、いわゆる小径開口照明を行うことができる。この場合、二次光源からの射出光束のうち開口絞り8で遮蔽される光束は非常に少なく、開口絞り8での光損失を良好に抑えることができる。

【0031】一方、図2(b)の第2状態に対応する図3(b)を参照すると、第1フライアイレンズ3を介して形成された光源像からの射出光の主光線は光軸AXに平行に角錐プリズム4に入射するが、角錐プリズム4の屈折面と偏角プリズム集合体5の屈折面とが平行ではないため、角錐プリズム4および偏角プリズム集合体5を介した主光線は光軸AXに対して傾いて射出される。さ

らに詳細には、角錐プリズム 4 の屈折面と偏角プリズム集合体 5 の屈折面との間隔が光軸 A X から離れるにしたがって小さくなるように設定されているので、角錐プリズム 4 および偏角プリズム集合体 5 を介した主光線は光軸 A X から放射状に離れる方向に沿って射出される。

【 0 0 3 2 】したがって、偏角プリズム集合体 5 から射出された主光線は、リレー光学系 6 を介して、第 2 フライアイレンズ 7 の入射面において X 軸および Y 軸に対してそれぞれ 4 5 度だけ傾いた 4 本の放射軸線に沿って第 2 フライアイレンズ 7 の入射面の中心から離れた位置に入射する。こうして、図 5 に示すように、第 2 フライアイレンズ 7 の入射面には、第 1 フライアイレンズ 3 のレンズエレメントの断面形状と相似で比較的サイズの小さな矩形の照射領域 5 1 ~ 5 4 が形成される。すなわち、図 4 と図 5 とを比較参照すると、角錐プリズム 4 の各屈折面と偏角プリズム集合体 5 の各屈折面とが平行な第 1 状態から、角錐プリズム 4 の各屈折面に対して偏角プリズム集合体 5 の各屈折面が光軸 A X に関して対称に所定角度だけ傾いた第 2 状態に変化することにより、第 2 フライアイレンズ 7 の入射面の中心に形成されていた照射領域 4 1 がその入射面の 4 隅に向かって平行移動して 4 つの照射領域 5 1 ~ 5 4 が形成される。

【 0 0 3 3 】この場合、第 2 フライアイレンズ 7 の後側焦点面に形成される二次光源の全体形状は、第 2 フライアイレンズ 7 の入射面に形成される 4 極状の照射領域 5 1 ~ 5 4 の全体形状に対応している。したがって、図 5 に示すように、第 2 状態において第 2 フライアイレンズ 7 の後側焦点面に形成された二次光源の全体形状に対応して 4 つの小さな円形開口部（四つ穴状開口部）5 5 ~ 5 8 を照明光路内に設定することにより、二次光源の形状を四つ穴状に制限して、いわゆる 4 極変形照明を行うことができる。この場合も、二次光源からの射出光束のうち開口絞り 8 で遮蔽される光束は非常に少なく、開口絞り 8 での光損失を良好に抑えることができる。

【 0 0 3 4 】ところで、図 2 (a) の第 1 状態でリレー光学系 6 の焦点距離を適宜変化させることにより、図 6 に示すように、第 2 フライアイレンズ 7 の入射面にサイズの大きな照射領域 6 1 を形成することができる。この場合、第 2 フライアイレンズ 7 の後側焦点面において照射領域 6 1 に応じて形成される二次光源に対応して開口径の大きな円形開口部 6 2 を照明光路内に設定することにより、二次光源の形状を径の大きな円形状に制限して、いわゆる大径開口照明を行うことができる。この場合も、二次光源からの射出光束のうち開口絞り 8 で遮蔽される光束は非常に少なく、開口絞り 8 での光損失を良好に抑えることができる。このように、第 1 状態においてリレー光学系 6 の焦点距離を変化させるだけで、開口絞り 8 での光損失を良好に抑えつつ円形状に制限された二次光源の大きさを変化させて、露光投影すべきパターンに適した照明コヒーレンシを得ることができる。

【 0 0 3 5 】また、図 3 (a) の第 2 状態で角錐プリズム 4 の屈折面に対する偏角プリズム集合体 5 の屈折面の傾きを適宜変化させることにより、第 2 フライアイレンズ 7 の入射面に形成される照射領域 5 1 ~ 5 4 の中心位置を変化させることができる。さらに、上述したように、リレー光学系 6 の焦点距離を適宜変化させることにより、第 2 フライアイレンズ 7 の入射面に形成される照射領域 5 1 ~ 5 4 のサイズを変化させることができる。この場合、照射領域 5 1 ~ 5 4 のサイズおよび中心位置に対応した四つ穴状開口部を照明光路内に設定することにより、4 極変形照明のパラメータ（照射領域のサイズおよび中心位置）を変化させることができる。このように、第 2 状態において角錐プリズム 4 の屈折面に対する偏角プリズム集合体 5 の屈折面の傾きを適宜変化させたりリレー光学系 6 の焦点距離を適宜変化させたりするだけで、開口絞り 8 での光損失を良好に抑えつつ、4 極変形照明のパラメータを変化させて、露光投影すべき微細パターンに適した投影光学系の解像度および焦点深度を得ることができる。

【 0 0 3 6 】図 7 は、偏角プリズム集合体 5 の屈折面を光軸 A X に関して対称に傾けるための駆動機構を説明する図であって、(a) は駆動機構の側面図であり、

(b) は光軸に沿って偏角プリズム集合体 5 と角錐プリズム 4 との位置関係を示す図である。なお、図 7 (b) では、図面の明瞭化のために、駆動機構の構成要素のうちロッド部材 5 0 0 以外の要素の図示を省略している。

【 0 0 3 7 】図 7 に示す駆動機構は、光軸 A X に沿って延びるように配置されたロッド部材 5 0 0 を備えている。ロッド部材 5 0 0 には、その長手軸線（すなわち光軸 A X ）に沿って滑動自在に押さえ部材 5 0 1 が取り付けられている。この押さえ部材 5 0 1 には、4 本のアーム部材 5 0 2 a ~ 5 0 2 d の一端が枢着されている。また、4 本のアーム部材 5 0 2 a ~ 5 0 2 d の他端は、偏角プリズム集合体 5 を構成する偏角プリズム 5 a ~ 5 d のマスク側の面の所定位置にそれぞれ枢着されている。上述のように、図 7 に示す駆動機構は、偏角プリズム集合体 5 の屈折面を光軸 A X に関して対称に傾けるために、光軸 A X に関して対称な構造を有する。

【 0 0 3 8 】したがって、たとえば適当なアクチュエータ（不図示）により、図 7 において実線で示す位置から破線で示す位置まで押さえ部材 5 0 1 を滑動させると、4 本のアーム部材 5 0 2 a ~ 5 0 2 d は図中実線で示す位置から破線で示す位置まで開いた状態となる。その結果、偏角プリズム集合体 5 の偏角プリズム 5 a ~ 5 d が図中実線で示す位置から破線で示す位置まで駆動される。こうして、簡素な駆動機構により、偏角プリズム集合体 5 の屈折面を光軸 A X に関して対称に所望の角度だけ傾けることができる。

【 0 0 3 9 】以上のように、本実施例では、角錐プリズム 4 の各屈折面に対して偏角プリズム集合体 5 の各屈折

面を平行に保った第 1 状態において、リレー光学系 6 の焦点距離を適宜変化させるだけで、開口絞り 8 での光損失を良好に抑えつつ、円形状に制限された二次光源の大きさを变化させて、露光投影すべきパターンに適した照明コヒーレンシを得ることができる。また、角錐プリズム 4 の各屈折面に対して偏角プリズム集合体 5 の各屈折面を傾けた第 2 状態において、偏角プリズム集合体 5 の屈折面の傾きを適宜変化させたりリレー光学系 6 の焦点距離を適宜変化させるだけで、開口絞り 8 での光損失を良好に抑えつつ、4 極変形照明のパラメータを变化させて、露光投影すべき微細パターンに適した投影光学系の解像度および焦点深度を得ることができる。

【0040】図 8 は、第 1 変形例を説明する図であって、光軸に沿って配置された円錐プリズム 40 と偏角プリズム集合体 50 との位置関係を示す図である。第 1 変形例は上述の実施例と類似の構成を有するが、角錐プリズム 4 に代えて円錐プリズム 40 が配置され且つ 4 つの偏角プリズムからなる偏角プリズム集合体 5 に代えて 8 つの偏角プリズムからなる偏角プリズム集合体 50 が配置されている点だけが上述の実施例と相違している。以下、上述の実施例との相違点に着目して、第 1 変形例を説明する。

【0041】第 1 変形例において、円錐プリズム 40 の光源側の面は、実施例の角錐プリズム 4 の光源側の面と同様に、光軸 AX に垂直な平面状に形成されている。また、円錐プリズム 40 のマスク側の面は、マスク側に向かって円錐凹面状に形成されている。さらに詳細には、円錐プリズム 40 のマスク側の屈折面は、光軸 AX に関して対称な円錐の円錐面（底面を除く側面）に相当している。また、偏角プリズム集合体 50 は、光軸 AX に関して対称に配置された 8 つの偏角プリズム 50a ~ 50h から構成されている。各偏角プリズム 50a ~ 50h は、図 8 に示すように、全体的に三角形形状に形成され、円錐プリズム 40 の対向する屈折面の偏角（すなわち光軸 AX に垂直な面と屈折面とがなす角度）とほぼ同じ角度の偏角を有する。

【0042】したがって、第 1 状態において、偏角プリズム 50a ~ 50h の光源側の屈折面は円錐プリズム 40 の対向する屈折面とそれぞれほぼ平行であり、偏角プリズム 50a ~ 50h のマスク側の面はともに光軸 AX に垂直である。こうして、第 1 変形例の第 1 状態では実施例の第 1 状態とほぼ同様に、第 2 フライアイレンズ 7 の入射面の中心において、第 1 フライアイレンズ 3 のレンズ要素の断面形状とほぼ相似な比較的小さい矩形形状の照射領域が形成される。

【0043】一方、第 2 状態においては、偏角プリズム 50a ~ 50h が光軸 AX に関して対称に所定の角度だけ第 1 状態から傾く。その結果、偏角プリズム 50a ~ 50h の光源側の屈折面は円錐プリズム 40 の対向する屈折面と所定の角度だけ傾き、偏角プリズム 50a ~ 50

0h のマスク側の面は光軸 AX に垂直ではなくなる。したがって、偏角プリズム集合体 50 から射出された光は、リレー光学系 6 を介して、第 2 フライアイレンズ 7 の入射面において X 軸および Y 軸に対してそれぞれ 0 度および 45 度だけ傾いた 8 本の放射軸線に沿って第 2 フライアイレンズ 7 の入射面の中心から離れた位置に入射する。

【0044】こうして、第 1 変形例の第 2 状態では、図 9 に示すように、第 2 フライアイレンズ 7 の入射面において、第 1 フライアイレンズ 3 のレンズ要素の断面形状とほぼ相似で比較的小さい矩形形状の照射領域 91 ~ 98 が形成される。すなわち、第 1 状態から第 2 状態に変化することにより、第 2 フライアイレンズ 7 の入射面の中心に形成されていた照射領域が 8 本の放射軸線に沿って平行移動して、8 つの照射領域 91 ~ 98 が全体的に円周状に形成される。

【0045】この場合、第 2 フライアイレンズ 7 の後側焦点面に形成される二次光源の全体形状は、第 2 フライアイレンズ 7 の入射面に形成される照射領域 91 ~ 98 の全体形状に対応している。したがって、図 9 に示すように、第 2 状態において第 2 フライアイレンズ 7 の後側焦点面に形成された二次光源の全体形状に対応して輪帯状の開口部 99 を照明光路内に設定することにより、二次光源の形状を輪帯状に制限して、いわゆる輪帯変形照明を行うことができる。この場合も、二次光源からの射出光束のうち開口絞り 8 で遮蔽される光束は非常に少なく、開口絞り 8 での光損失を良好に抑えることができる。

【0046】また、第 1 変形例の第 2 状態で円錐プリズム 40 の屈折面に対する偏角プリズム集合体 50 の屈折面の傾きを適宜変化させることにより、第 2 フライアイレンズ 7 の入射面に形成される照射領域 91 ~ 98 の中心位置を变化させることができる。さらに、リレー光学系 6 の焦点距離を適宜変化させることにより、第 2 フライアイレンズ 7 の入射面に形成される照射領域 91 ~ 98 のサイズを变化させることができる。換言すると、第 1 変形例の第 2 状態において、偏角プリズム集合体 50 の屈折面の傾きを適宜変化させたりリレー光学系 6 の焦点距離を適宜変化させるだけで、開口絞り 8 での光損失を良好に抑えつつ、輪帯変形照明のパラメータを变化させて、露光投影すべき微細パターンに適した投影光学系の解像度および焦点深度を得ることができる。

【0047】図 10 は、第 2 変形例を説明する図であって、光軸に沿って配置された山形状プリズム 104 と偏角プリズム集合体 105 との位置関係を示す図である。第 2 変形例は上述の実施例と類似の構成を有するが、4 つの屈折面を有する角錐プリズム 4 に代えて 2 つの屈折面を有する山形状プリズム 104 が配置され且つ 4 つの偏角プリズムからなる偏角プリズム集合体 5 に代えて 2 つの偏角プリズムからなる偏角プリズム集合体 105 が

配置されている点だけが上述の実施例と相違している。以下、上述の実施例との相違点に着目して、第2変形例を説明する。

【0048】第2変形例において、山形状プリズム104の光源側の面は、実施例の角錐プリズム4の光源側の面と同様に、光軸AXに垂直な平面状に形成されている。また、山形状プリズム104のマスク側の面は、光軸AXと直交するX軸（またはY軸）に関して対称な2つの平面状の屈折面104aおよび104bからなり、マスク側に向かって全体的に凹状に形成されている。また、偏角プリズム集合体105は、X軸（またはY軸）に関して対称に配置された2つの偏角プリズム105aおよび105bから構成されている。各偏角プリズム105aおよび105bは、図10に示すように、全体的に矩形状に形成され、山形状プリズム104の対向する屈折面の偏角（すなわち光軸AXに垂直な面と屈折面とがなす角度）と同じ角度の偏角を有する。

【0049】したがって、第1状態において、偏角プリズム105aおよび105bの光源側の屈折面は山形状プリズム104の対向する屈折面104aおよび104bとそれぞれ平行であり、偏角プリズム105aおよび105bのマスク側の面はともに光軸AXに垂直である。こうして、第1変形例の第1状態では実施例の第1状態と同様に、第2フライアイレンズ7の入射面の中心において、第1フライアイレンズ3のレンズエレメントの断面形状と相似な比較的小さい矩形状の照射領域が形成される。

【0050】一方、第2状態においては、偏角プリズム105aおよび105bがX軸（またはY軸）に関して対称に所定の角度だけ第1状態から傾く。その結果、偏角プリズム105aおよび105bの光源側の屈折面は山形状プリズム104の対向する屈折面104aおよび104bと所定の角度だけ傾き、偏角プリズム105aおよび105bのマスク側の面は光軸AXに垂直ではなくなる。したがって、偏角プリズム集合体105から射出された光は、リレー光学系6を介して、第2フライアイレンズ7の入射面においてY軸（またはX軸）に沿った2本の放射軸線に沿って第2フライアイレンズ7の入射面の中心から離れた位置に入射する。

【0051】こうして、第1変形例の第2状態では、図11(a)に示すように、第2フライアイレンズ7の入射面において、第1フライアイレンズ3のレンズエレメントの断面形状と相似で比較的小さい矩形状の照射領域111および112が形成される。すなわち、第1状態から第2状態に変化することにより、第2フライアイレンズ7の入射面の中心に形成されていた照射領域が2本の放射軸線に沿って平行移動して、2つの照射領域111および112がY軸（またはX軸）に沿って間隔を隔てて形成される。

【0052】この場合、第2フライアイレンズ7の後側

焦点面に形成される二次光源の全体形状は、第2フライアイレンズ7の入射面に形成される照射領域111および112の全体形状に対応している。したがって、第2状態において第2フライアイレンズ7の後側焦点面に形成された二次光源の全体形状に対応して図11(b)に示すような形状の開口部113を照明光路内に設定することにより、二次光源の形状を開口部113の形状に制限した変形照明を行うことができる。この場合も、二次光源からの射出光束のうち開口絞り8で遮蔽される光束は非常に少なく、開口絞り8での光損失を良好に抑えることができる。

【0053】また、第2変形例の第2状態で山形状プリズム104の屈折面に対する偏角プリズム集合体105の屈折面の傾きを適宜変化させることにより、第2フライアイレンズ7の入射面に形成される照射領域111および112の中心位置を変化させることができる。さらに、リレー光学系6の焦点距離を適宜変化させることにより、第2フライアイレンズ7の入射面に形成される照射領域111および112のサイズを変化させることができる。換言すると、第2変形例の第2状態において、偏角プリズム集合体105の屈折面の傾きを適宜変化させたりリレー光学系6の焦点距離を適宜変化させるだけで、開口絞り8での光損失を良好に抑えつつ、変形照明のパラメータを変化させて、露光投影すべき微細パターンに適した投影光学系の解像度および焦点深度を得ることができる。

【0054】以上のように、上述の実施例および変形例では、開口絞りにおける光損失を良好に抑えつつ、輪帯照明や4極照明のような変形照明を行うことができる。加えて、偏角プリズム集合体の屈折面の傾きを適宜変化させたりリレー光学系の焦点距離を適宜変化させるだけで、開口絞りでの光損失を良好に抑えつつ変形照明のパラメータを変化させて、露光投影すべき微細パターンに適した投影光学系の解像度および焦点深度を得ることができる。その結果、高い露光強度および良好な露光条件のもとで、スループットの高い良好な投影露光を行うことができる。

【0055】各実施例および変形例の露光装置による露光の工程（フォトリソグラフィ工程）を経たウエハは、現像する工程を経てから、現像したレジスト以外の部分を除去するエッチングの工程、エッチングの工程後の不要なレジストを除去するレジスト除去の工程等を経てウエハプロセスが終了する。そして、ウエハプロセスが終了すると、実際の組立工程にて、焼き付けられた回路毎にウエハを切断してチップ化するダイシング、各チップに配線等を付与するボンディング、各チップ毎にパッケージングするパッケージング等の各工程を経て、最終的にデバイスとしての半導体装置（LSI等）が製造される。

【0056】なお、以上の説明では、投影露光装置を用

10

20

30

40

50

いたウエハプロセスでのフォトリソグラフィ工程により半導体素子を製造する例を示したが、露光装置を用いたフォトリソグラフィ工程によって、半導体デバイスとして、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（CCD等）を製造することができる。こうして、本発明の照明光学装置を用いて半導体デバイスを製造する場合、良好な露光条件のもとで投影露光を行うことができるので、良好な半導体デバイスを製造することができる。

【0057】なお、上述の実施例および変形例では、第2フライアイレンズ7の入射面に形成される照射領域の大きさ（サイズ）を変化させるために、焦点距離が可変のリレー光学系6を用いている。しかしながら、焦点距離が固定のリレー光学系6を用いても、第1フライアイレンズ3の焦点距離を変化させることにより、第2フライアイレンズ7の入射面に形成される照射領域のサイズを変化させることができる。また、リレー光学系6の焦点距離を変化させるとともに第1フライアイレンズ3の焦点距離を変化させることにより、第2フライアイレンズ7の入射面に形成される照射領域のサイズを変化させることもできる。この場合、第1フライアイレンズ3の焦点距離を変化させるには、たとえば焦点距離の異なる複数のフライアイレンズを用意し、選択された1つのフライアイレンズを第1フライアイレンズ3として照明光路内に設定する構成が考えられる。

【0058】また、上述の実施例では、角錐プリズム4および偏角プリズム集合体5を照明光路内に設定した状態で円形開口照明を行っている。しかしながら、角錐プリズム4および偏角プリズム集合体5を照明光路内に設定した状態で円形開口照明を行うと照明効率が若干低下する。そこで、角錐プリズム4および偏角プリズム集合体5を照明光路に対して挿脱自在に構成し、円形開口照明の際には照明光路から退避させることもできる。この点は、他の変形例においても同様である。

【0059】さらに、上述の実施例では、第1フライアイレンズ3と角錐プリズム4とを別の部材として構成しているが、第1フライアイレンズ3と角錐プリズム4とを一体的に構成することもできる。この点は、他の変形例においても同様である。また、上述の実施例では、照明光学装置を備えた投影露光装置を例にとって本発明を説明したが、マスク以外の被照射面を均一照明するための一般的な照明光学装置に本発明を適用することができることは明らかである。

【0060】なお、以上の各実施例では、248nmの波長を持つ光を供給するKrFエキシマレーザや193nmの波長を持つ光を供給するArFエキシマレーザ等を光源として用いた例を示したが、これ以外の光源を備えた装置にも本発明を適用できることは言うまでもない。例えば、157nmの波長を持つ光を供給するF₂レーザ等のレーザ光源、あるいは所定の波長の光を供給するレーザ光源とそのレーザ光源からの光を200nm

以下の短波長の光に変換する非線型光学素子との組合せ等からなる光源ユニット等を本発明の光源手段として用いることも可能である。

【0061】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の照明光学装置では、開口絞りにおける光損失を良好に抑えつつ、輪帯照明や4極照明のような変形照明を行うことができる。加えて、簡単な操作により、開口絞りでの光損失を良好に抑えつつ変形照明のパラメータを変化させることができる。

【0062】したがって、本発明の照明光学装置を組み込んだ露光装置では、変形照明の種類およびパラメータを適宜変化させて、露光投影すべき微細パターンに適した投影光学系の解像度および焦点深度を得ることができる。その結果、高い露光強度および良好な露光条件のもとで、スループットの高い良好な投影露光を行うことができる。また、本発明の照明光学装置を用いて被照射面上に配置されたマスクのパターンを感光性基板上に露光する工程を含む半導体デバイスの製造方法では、良好な露光条件のもとで投影露光を行うことができるので、良好な半導体デバイスを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】図1の第1フライアイレンズ3から第2フライアイレンズ7までの構成を概略的に示す図であって、

（a）は小径開口照明を行う第1状態を、（b）は4極変形照明を行う第2状態を、（c）は偏角プリズム集合体5を構成する各偏角プリズムの構成をそれぞれ示している。

【図3】角錐プリズム4と偏角プリズム集合体5との作用を説明する図であって、（a）は図2（a）に対応する第1状態を、（b）は図2（b）に対応する第2状態をそれぞれ示している。

【図4】実施例の第1状態において第2フライアイレンズ7の入射面に形成される照射領域と開口絞り8の開口部との関係を示す図である。

【図5】実施例の第2状態において第2フライアイレンズ7の入射面に形成される照射領域と開口絞り8の開口部との関係を示す図である。

【図6】実施例の第1状態においてリレー光学系6の焦点距離を変化させたときに第2フライアイレンズ7の入射面に形成される照射領域と開口絞り8の開口部との関係を示す図である。

【図7】偏角プリズム集合体5の屈折面を光軸AXに関して対称に傾けるための駆動機構を説明する図であって、（a）は駆動機構の側面図であり、（b）は光軸に沿って偏角プリズム集合体5と角錐プリズム4との位置関係を示す図である。

【図8】第1変形例を説明する図であって、光軸に沿つ

17

て配置された円錐プリズム 4 0 と偏角プリズム集合体 5 0 との位置関係を示す図である。

【図 9】第 1 変形例の第 2 状態において第 2 フライアイレンズ 7 の入射面に形成される照射領域と開口絞り 8 の開口部との関係を示す図である。

【図 10】第 2 変形例を説明する図であって、光軸に沿って配置された山形状プリズム 1 0 4 と偏角プリズム集合体 1 0 5 との位置関係を示す図である。

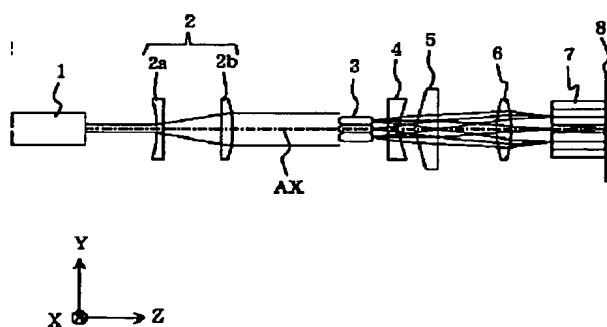
【図 11】第 2 変形例の第 2 状態において第 2 フライアイレンズ 7 の入射面に形成される照射領域と開口絞り 8 の開口部との関係を示す図である。

【符号の説明】

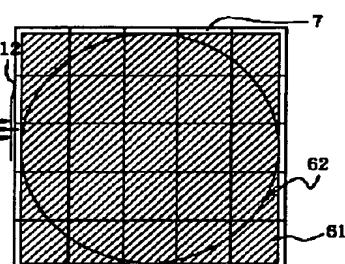
- 1 光源
- 2 ビームエキスパンダー
- 3 第 1 フライアイレンズ

- 4 角錐プリズム
- 5、5 0、1 0 5 偏角プリズム集合体
- 6 リレー光学系
- 7 第 2 フライアイレンズ
- 8 開口絞り
- 9 コンデンサー光学系
- 1 0 マスク
- 1 1 投影光学系
- 1 2 ウエハ
- 4 0 円錐プリズム
- 1 0 4 山形状プリズム
- 5 0 0 ロッド部材
- 5 0 1 押さえ部材
- 5 0 2 アーム部材

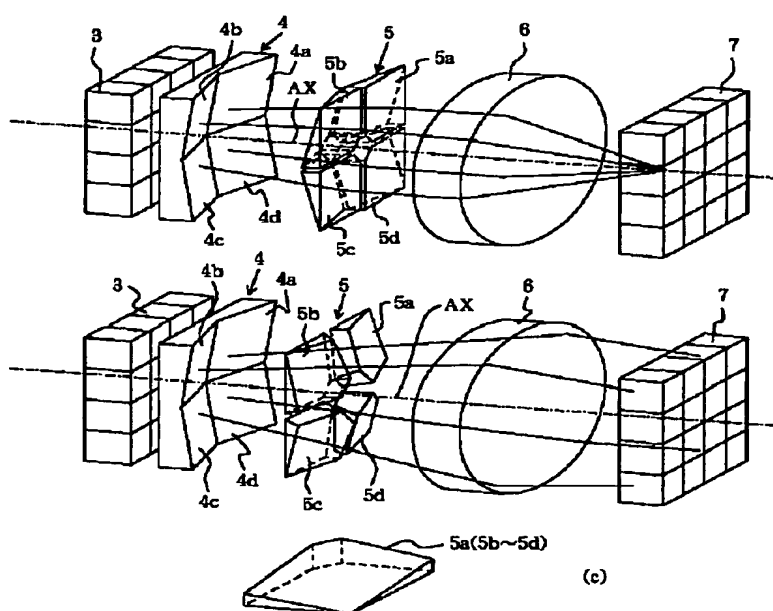
【図 1】



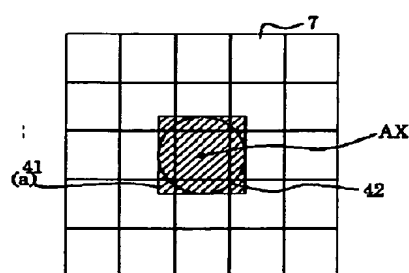
【図 6】



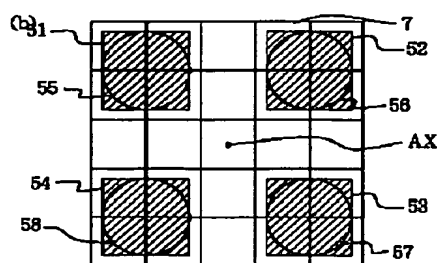
【図 2】



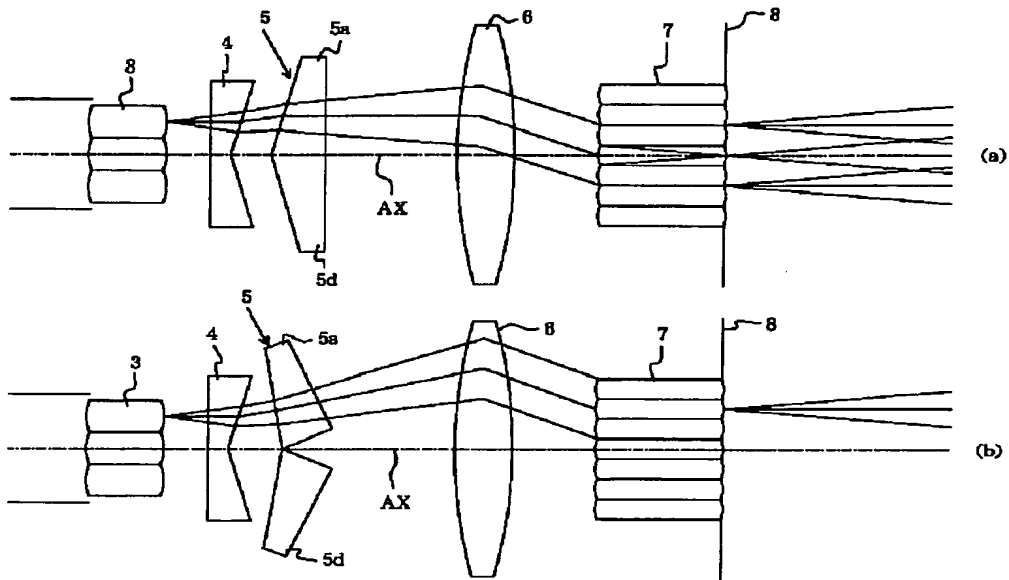
【図 4】



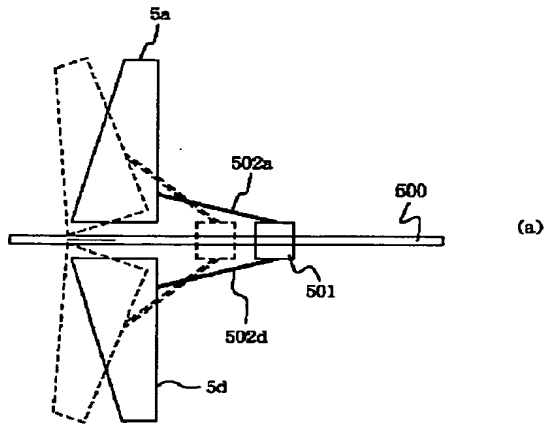
【図 5】



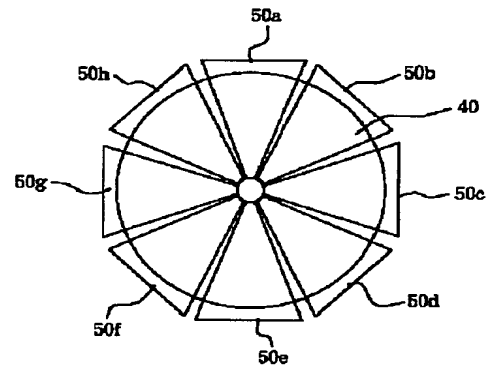
【図 3】



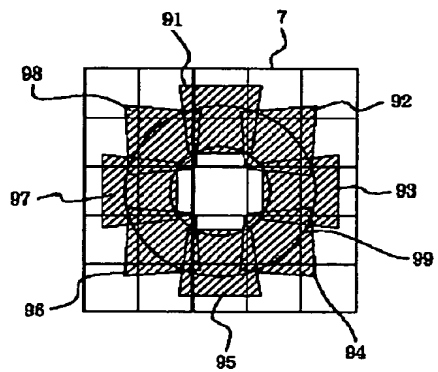
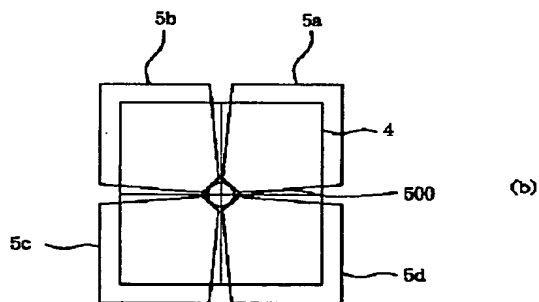
【図 7】



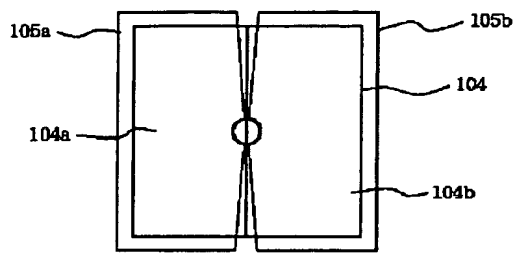
【図 8】



【図 9】



【図 1 0】



【図 1 1】

